

Перспективы использования перерасширения в приводных ГТА простого цикла с рекуперацией

Авторы: Ващиленко Н.В., Белый Е. Г., Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Рассмотрена схема приводного ГТА с рекуперацией теплоты для компрессорной станции магистрального газопровода - рис. 1. Отходящие газы приводного ГТД, силовая турбина которого работает с перерасширением, последовательно проходят сетевой подогреватель воды – СПВ1, за тем охлаждаются в конечном охладителе – КО и поступают в эксгаустер, приводимый от турбокомпрессорного блока низкого давления ГТД. Эксгаустер повышает давление отходящих газов ГТД до атмосферного. За эксгаустером также установлен сетевой подогреватель воды – СПВ2.

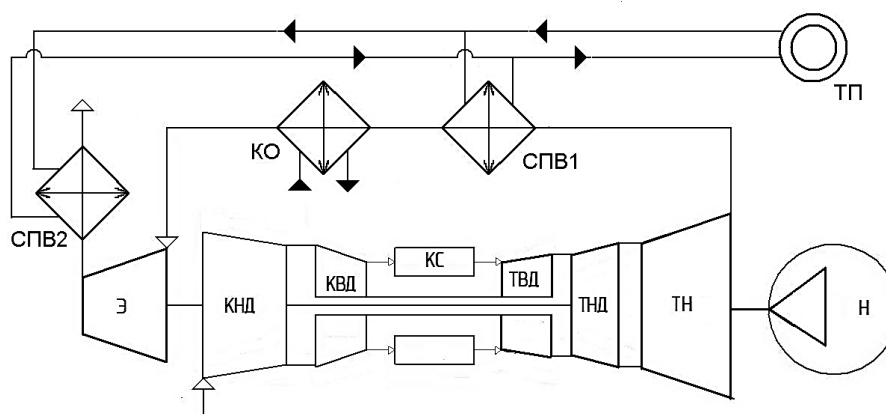


Рис. 1. Схема приводного ГТА с перерасширением и рекуперацией

Представленные ниже результаты параметрических исследований выполнены с учетом международных требований ISO 9001-2008. Все необратимые потери энергии в термодинамическом цикле, приняты соответствующими уровню технологии отечественных ГТД третьего и четвертого поколений, спроектированных и созданных НПКГ «Заря»-«Машпроект».

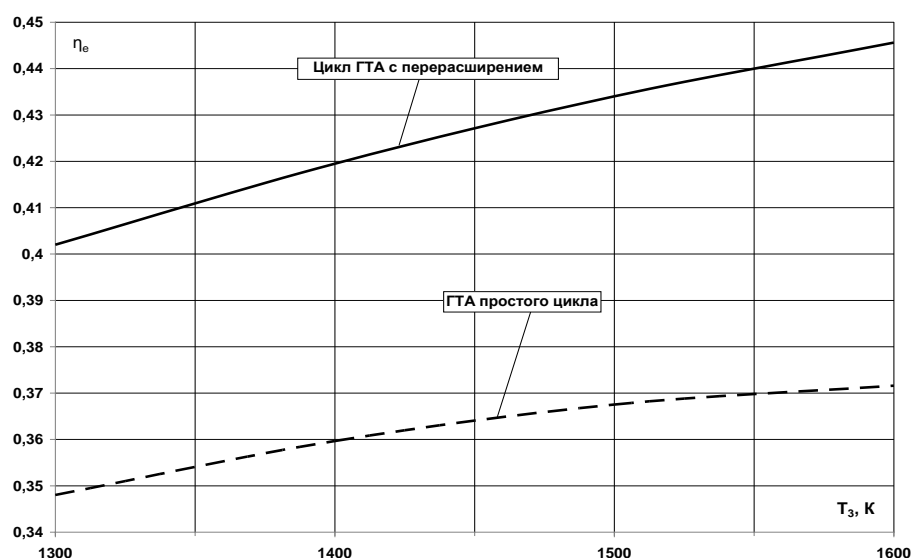


Рис. 2. Эффективный КПД цикла ГТА с перерасширением и рекуперацией при оптимальных значениях степени повышения давления в цикле

Анализ показывает, что в рассмотренном интервале температур газа перед турбиной ГТД (1300 ... 1600) К может быть достигнут максимальный КПД цикла ГТА с перерасширением и рекуперацией от 40,2% до 44,5 % при умеренных значениях оптимальной степени повышения давления в цикле $\pi_k = 14,5 \dots 16,5$, что видно из графика рис. 3. При этом, удельная мощность ГТА с перерасширением будет достигать значений от 287 до 455 кВт/(кг/с) соответственно.

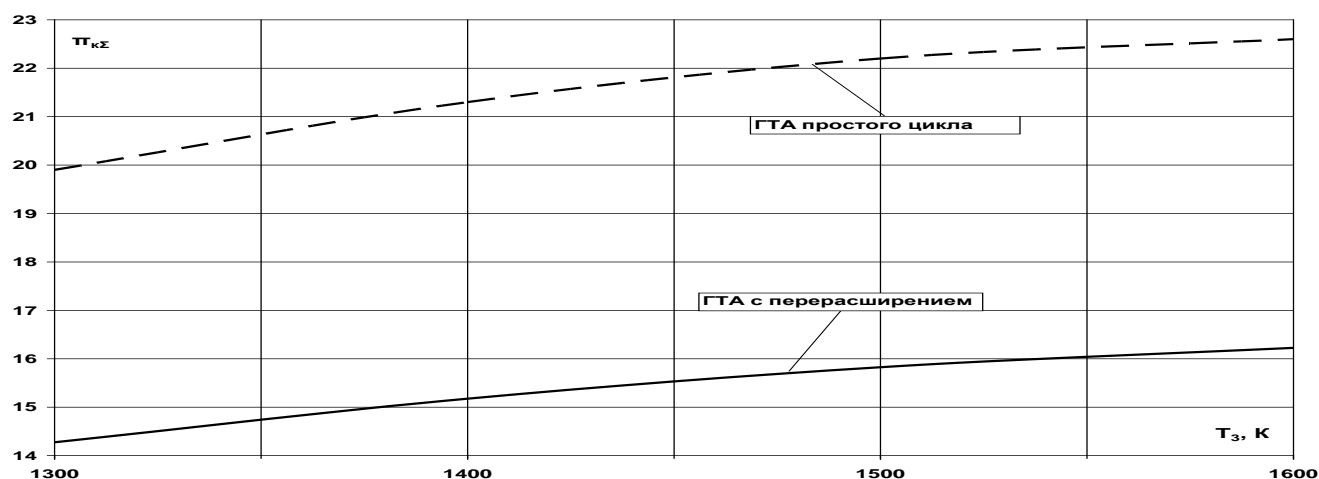


Рис. 3. Оптимальные значения степени повышения давления в цикле ГТА с перерасширением
Сравнение с показателями эффективности цикла ГТА простой схемы показывает, что выигрыш по экономичности, в рассмотренном диапазоне температур газа перед турбинами ГТД 1300 – 1600 К составляет от 15,5 до 20 %, возрастающая с ростом температуры, а по удельной мощности, выигрыш в среднем несколько больше 30 % и слабо зависит от температуры газа перед турбинами.

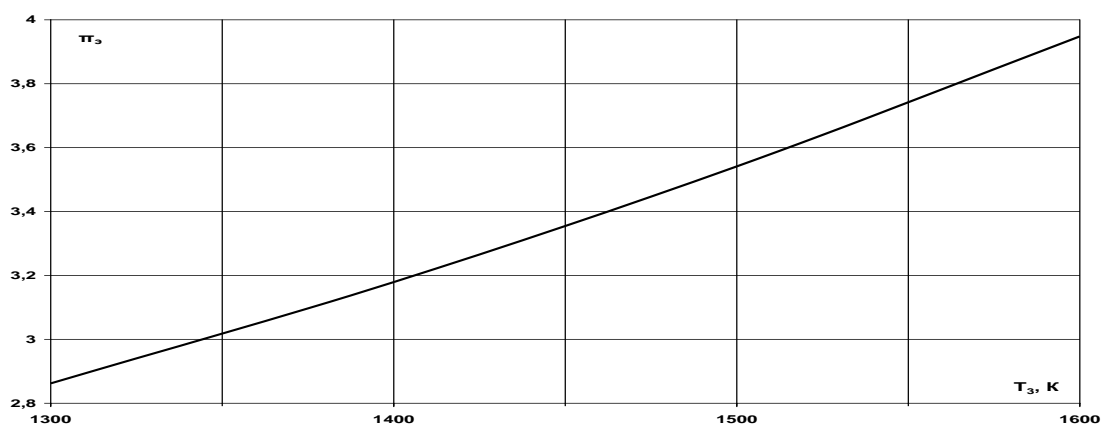


Рис. 4. Оптимальные значения степени повышения давления в эксгаустере

Проведено исследование влияния минимального температурного напора за конечным охладителем – $\Delta t_{\text{охл}}$ на КПД и удельную мощность цикла ГТА с перерасширением. Как явствует из рис. 7, при уменьшении минимального температурного напора за конечным охладителем на каждые 5° КПД и удельная мощность цикла возрастают в среднем на 0,6 %.

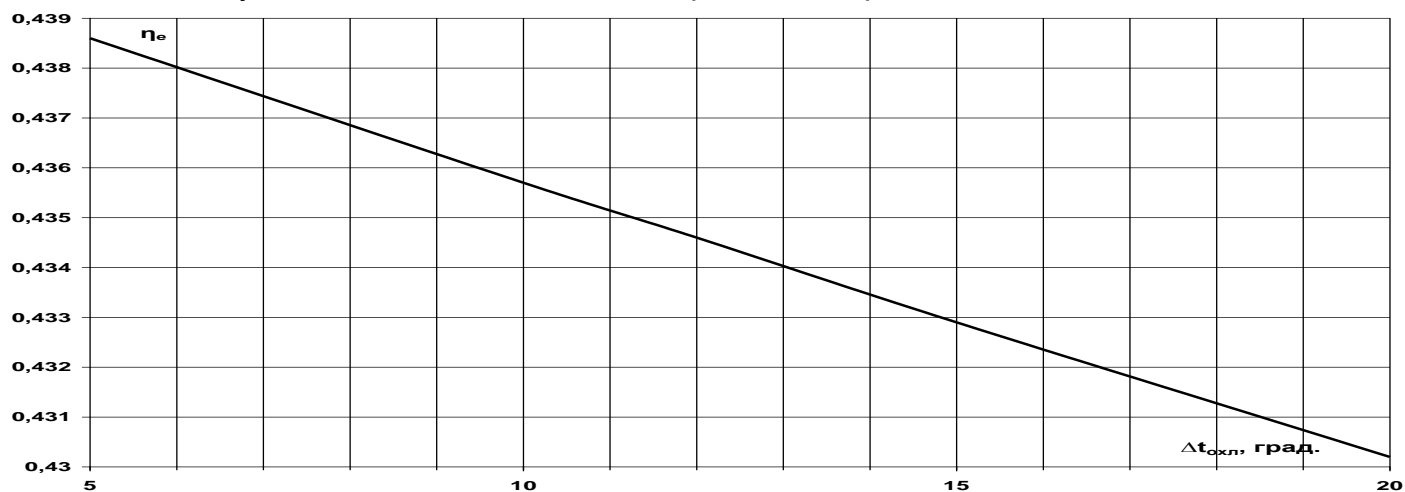


Рис. 5. Эффективный КПД ГТА с перерасширением и рекуперацией при различных значениях минимального температурного напора за КО

Использование рекуперации тепла отходящих газов за ГТД, а также за эксгаустером позволяет наиболее полно использовать энергию топлива, генерируя дополнительно тепло для отопления и прочих нужд. Анализ показывает, что тепловой КПД рассматриваемого цикла ГТА с перерасширением и рекуперацией достигает значений (84,0...89,0) % рис. 6.

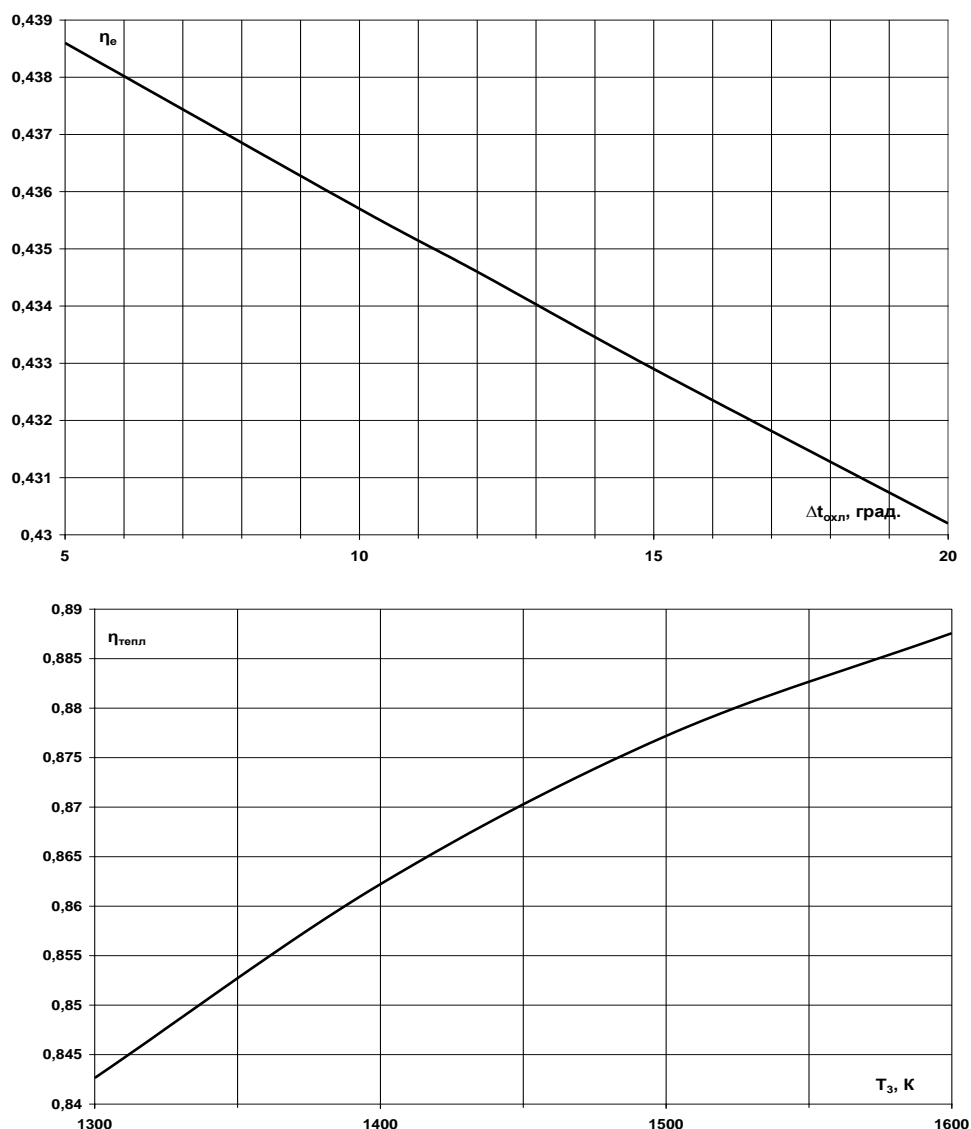


Рис. 7. Тепловой КПД ГТА с перерасширением и рекуперацией

Выводы

1. Использование перерасширения в схеме приводного ГТА с рекуперацией позволяет достигнуть при температурах газа перед турбиной ГТД в интервале 1300...1600 K максимального КПД цикла (40,2...44,5) %, а удельной мощности от 287 до 455 кВт/(кг/с) соответственно, при умеренных значениях оптимальной степени повышения давления в цикле $\pi_k = 14,5...16,5$.
2. Применение перерасширения в схемах ГТА простого цикла позволяет повысить КПД цикла от 15,5 до 20% с возрастанием при более высоких температурах газа перед турбинами ГТД - T_3 . По удельной мощности, выигрыш в среднем несколько больше 30 % во всем рассмотренном диапазоне изменения температур T_3 .
3. Определены оптимальные, обеспечивающие получение в цикле максимального КПД, степени повышения давления в эксгаустере, имеющие величину от 2,8 до 4,0 интервале температурах газа перед турбиной ГТД 1300...1600 K.
4. Выявлено влияние величины минимального температурного напора за КО на эффективный КПД и удельную мощность исследуемого цикла ГТА. Определено, что при уменьшении этого параметра на каждые 5° КПД и удельная мощность цикла возрастают в среднем на 0,6 %.

5. Применение рекуперации в схеме приводного ГТА с перерасширением позволяет достигнуть при температурах газа перед турбиной ГТД в интервале 1300...1600 К теплового КПД цикла (84,0...89,0)%. При этом, значение коэффициента эффективности когенерации составляет 0,44...0,45.

Литература

1. Перельштейн Б. Х. Перельштейн Б. Х. Новые энергетические системы: Казань – Изд-во Казанского государственного технического университета, 2008. 244 с.
2. Перельштейн Б. Х. Перельштейн Б. Х., Локай В. И., Тунаков А. П. Исследование высокотемпературных газотурбинных установок со ступенчатым отводом тепла // Тез. межвуз. конф. М., 1970.
3. Тарелин А. А. Оценка эффективных путей развития отечественных приводных двигателей для газотранспортной системы / А. А. Тарелин, В. А. Коваль, Е. А. Ковалева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 4/4 (40). – С. 4 - 8.
4. Романов, В. Газотурбинный двигатель для газовой промышленности / В. Романов, О. Кучеренко // Нефть и газ. – Киев, 2008. – № 6. – С. 22-26.
5. Матвеев В. Т. Энергетическая и экологическая эффективность когенерационных энергоустановок для коммунальных объектов энергопотребления / В. Т. Матвеев // Коммунальное хозяйство городов: научн.-техн. сб. – К.: Техника, 2003. Вып. 49. – С. 119-123.